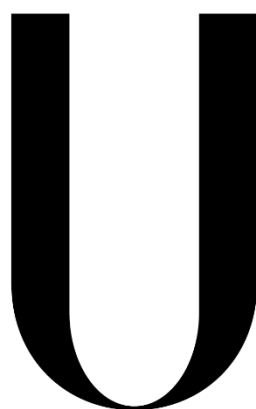


Universidade de Lisboa  
Faculdade de Medicina Dentária



LISBOA

---

UNIVERSIDADE  
DE LISBOA

Influência do tempo pós-polimerização na resistência à flexão das  
resinas bis acrílicas

Francisco Oliveira Reis

Orientador

Professor Doutor Jaime Pereira Fontes de Almeida Portugal

Dissertação

Mestrado Integrado em Medicina Dentária

2019



*Para os meus pais*



## Agradecimentos

Ao Professor Doutor Jaime Pereira Fontes de Almeida Portugal pela incalculável sabedoria e conhecimento. Por ter sido uma égide durante este percurso. Sempre com disponibilidade para ajudar e apoiar. Sem a sua colaboração, este projeto não se teria concretizado.

Ao meu irmão, Joel Reis, por ser um exemplo de sucesso para mim. Constantemente presente para ajudar e ensinar, garantindo o meu sucesso.

Aos meus amigos que caminharam comigo nesta jornada académica e que tornaram melhor o meu quotidiano. Por serem um refúgio em momentos difíceis, por serem uma plateia em momentos favoráveis.

A todos os colegas de turma, de curso e da faculdade. O conhecimento não se aprende sozinho e, com estes, aprendi mais e melhor.

Às minhas duplas, Henrique Peixoto e Filipa Fernandes. Trabalhar a seu lado foi uma dádiva. Obrigado por serem quem são e por terem preenchido a minha vida nestes últimos anos.

Ao meu amigo João Pisco, companheiro de laboratório, irmão de curso. Ajudou, com certeza, a melhorar o dia a dia destes últimos cinco anos.

A todas as pessoas, pertencentes ou não ao círculo académico, não mencionadas anteriormente, que fizeram parte do meu percurso e possibilitaram que eu chegasse onde cheguei.

E, por fim, aos meus enormes pais. Pelo grande esforço que fizeram estes últimos anos, por me terem educado a ser quem sou, por terem querido para mim, o que nunca puderam ter para eles. Por serem pais presentes e preocupados e por garantirem que nunca me faltasse nada.

A todos vós, o meu infinito obrigado.



## Índice

Agradecimentos.....	v
Resumo.....	ix
Abstract .....	xi
Introdução .....	1
Objetivos .....	5
Materiais e Métodos.....	7
Resultados .....	13
Discussão.....	17
Conclusão .....	21
Referências Bibliográficas .....	23
Apêndice .....	26
Dados do grupo Structur® 3 5 minutos após confecção .....	27
Dados do grupo Structur® 3 30 minutos após confecção .....	28
Dados do grupo Structur® 3 6 horas após confecção .....	29
Dados do grupo Structur® 3 24 horas após confecção .....	30
Dados do grupo Structur® 3 48 horas após confecção .....	31
Dados do grupo Structur® 3 96 horas após confecção .....	32
Dados do grupo Protemp™ 4 5 minutos após confecção .....	33
Dados do grupo Protemp™ 4 30 minutos após confecção .....	34
Dados do grupo Protemp™ 4 6 horas após confecção.....	35
Dados do grupo Protemp™ 4 24 horas após confecção.....	36
Dados do grupo Protemp™ 4 48 horas após confecção.....	37
Dados do grupo Protemp™ 4 96 horas após confecção.....	38

## Índice de Figuras e Tabelas

<i>Figura 1- Molde metálico de aço inoxidável para confecção dos espécimes com as dimensões de 25x2x2mm .....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 2- Fotografia das marcas comerciais já com os tubos nas pistolas de auto-mistura. À esquerda, Protemp™ 4 (3M ESPE, Deutschland GmbH, Neuss, Alemanha) e à direita Structur® 3 (VOCO GmbH, Cuxhaven, Alemanha).....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 3- Caixas de vidro nas quais as amostras foram guardadas. 30' - 30 minutos; 6h - 6 horas; 24 - 24 horas; 48 - 48 horas; P - 96 horas.....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 4- Espécime a ser testado. Método de 3 pontos, com os pilares fixos a distarem 20 mm entre eles. ....</i>	<i>11</i>
<i>Figura 5- Craveira digital para calcular valores de h (altura) e b (largura) dos paralelepípedos (Fischer Darex, Le Chambon Feugerolles, França).....</i>	<i>12</i>
<i>Figura 6- Influência do material na resistência à flexão (<math>p=0,735</math>). ....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 7 - Gráfico representativo da distribuição dos valores de resistência à flexão (MPa) pelos diferentes tempos pós-confecção. As letras representam os grupos do teste de Kruskal-Wallis. Letras iguais são identificativas de grupos estatisticamente semelhantes (<math>p\geq 0,05</math>) .....</i>	<i>15</i>
 <i><b>Tabela 1-</b> Informação sobre as resinas bis-acrílicas utilizadas neste estudo.....</i>	<i>7</i>
<i><b>Tabela 2-</b> Análise estatística descritiva da resistência à flexão (MPa), apresentando-se, para cada grupo experimental, a média, o desvio padrão (DP), a mediana e o intervalo interquartil (IIQ). ....</i>	<i>13</i>
<i><b>Tabela 3-</b> Análise estatística com os testes de Kruskal-Wallis com correção de Bonferroni .....</i>	<i>16</i>



## Resumo

**Objetivos:** O presente estudo teve como objetivo estudar a influência do tempo pós-polimerização na resistência à flexão, de duas marcas comerciais de resinas bis-acrílicas.

**Materiais e Métodos:** Com auxílio de um molde metálico, foram realizados 120 espécimes de cada resina bis-acrílica estudada, e divididos em 6 grupos de 20 espécimes de acordo com o tempo pós-polimerização considerado (5 min, 30 min, 6 h, 24 h, 48 h, 96 h). Desta forma, foram criados 12 grupos experimentais de acordo com as diversas combinações possíveis entre resina bis-acrílica e tempo pós-polimerização ( $n=20$ ). Após o respectivo tempo pós-polimerização, os espécimes foram submetidos a um teste de resistência à flexão de três pontos. Os dados foram analisados recorrendo a testes de Mann-Whitney e Kruskal-Wallis. O nível de significância foi estabelecido em  $\alpha=0,05$ .

**Resultados:** Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas ( $p=0,735$ ) entre as resinas bis-acrílicas estudadas. No entanto, o tempo pós-polimerização influenciou os resultados de uma forma estatisticamente significativa ( $p<0,001$ ). Não se observaram diferenças estatisticamente significativas entre os 5 e os 30 minutos ( $p=0,221$ ). A resistência à flexão aumentou do grupo dos 30 minutos para o das 24 horas ( $p<0,001$ ). Não se verificaram diferenças entre os grupos das 24, 48 e 96 horas ( $p>0,05$ ).

**Conclusão:** Não existem diferenças entre a resistência à flexão das resinas bis-acrílicas testadas. A resistência à flexão aumenta dos 30 minutos às 24 horas, não sofrendo alteração a partir das 24 horas.

**Palavras-chave:** Bis-acrílico, Resistência à Flexão, Propriedades Mecânicas, Resina Composta



## Abstract

**Objectives:** The present study aimed to evaluate the influence of post-polymerization time on flexural strength of two brands of bis-acrylic resins.

**Materials and Methods:** Using a metal mold, 120 specimens of each bis-acrylic resin were prepared and divided into 6 groups of 20 specimens according to the post-polymerization time (5 min, 30 min, 6 h, 24 h, 48 h, 96h). In this way, 12 experimental groups were created according to the various possible combinations between bis-acrylic resin and post-polymerization time (n=20). After the respective post-polymerization time, the specimens were subjected to a three-point flexural strength test. Data were analyzed using Mann-Whitney and Kruskal-Wallis tests. The level of significance was set at  $\alpha=0.05$ .

**Results:** No statistically significant differences ( $p=0.735$ ) were observed between the bis-acrylic resins studied. However, post-polymerization time influenced the results in a statistically significant way ( $p<0.001$ ). No statistically significant differences were observed between 5 and 30 minutes ( $p=0.221$ ). Flexural strength increased from 30 minutes to 24 hours ( $p<0.001$ ). There were no differences between groups of 24, 48 and 96 hours ( $p>0.05$ ).

**Conclusion:** There are no differences between the flexural strength of the bis-acrylic resins tested. The flexural strength increases from 30 minutes to 24 hours and does not change after 24 hours.

**Keywords:** Bis-acryl, Flexural Strength, Mechanical Properties, Composite Resin



## Introdução

As restaurações indiretas provisórias na cavidade oral são uma importante parte do tratamento protodôntico. Estas permitem que o clínico mantenha características funcionais, biológicas e estéticas que permitem a saúde periodontal, enquanto o paciente aguarda pela reabilitação definitiva, processo que pode estender de alguns dias a algumas semanas. Estas restaurações também atuam como mock-ups a fim de se chegar a uma percepção do resultado final.<sup>(1-5)</sup> Estas características dos materiais provisórios são especificamente importantes em situações a longo prazo de restaurações provisórias, quando se trata de uma peça de vários elementos ou no caso de hábitos parafuncionais.<sup>(2)</sup> As restaurações provisórias requerem essencialmente uma adaptação marginal; adequada retenção; resistência mecânica adequada; reação de presa pouco exotérmica; reduzida irritação pulpar; esteticamente aceitável; boa capacidade de polimento e custo acessível.<sup>(6)</sup>

Durante muitas décadas, o material mais usado foi o polimetil-metacrilato (PMMA), comercialmente disponível, sob a forma de dois frascos: um com líquido (monómero) e outro com pó (polímero). Apesar do seu custo ser reduzido, a estabilidade cromática, as débeis propriedades mecânicas, a elevada exotermia da reação de presa, a contração de polimerização, a citotoxicidade são pontos negativos deste material.<sup>(3,4,7)</sup> Alguns estudos indicam que a temperatura intrapulpar associada à polimerização do PMMA é 5 vezes superior à temperatura verificada durante o consumo normal de uma bebida quente.<sup>(6)</sup>

Podem ainda ser encontrados outros tipos de materiais, como é o caso do polietil-metacrilato (PEMA), bis-GMA (bisfenol A-glicidil-metacrilato) e uretano-dimetacrilato (UDMA).<sup>(8-10)</sup> Todos estes materiais procuram juntar o máximo de propriedades, tais como resistência mecânica, capacidade para serem reparados, baixa reação exotérmica, reduzida contração de polimerização, boa integridade marginal e estabilidade cromática, embora não exista, atualmente, um material que reúna todas estas características.<sup>(8,10-12)</sup>

O bis-acrílico (bisacrilato) é uma resina acrílica composta por monómeros divinil-metacrilatos, pertencente ao grupo dos materiais dimetacrilatos, podendo caracterizar-se em dois grupos: UDMA e bis-GMA.<sup>(5)</sup> São nanoparticulados, constituídos por ésteres metacrilatos multifuncionais.<sup>(13)</sup> Assemelham-se às resinas compostas tradicionais na medida em que possuem monómeros dimetacrilatos funcionais bem como partículas de carga. As partículas conferem ao material uma maior resistência mecânica e os

dimetacrilatos permitem um grande número de ligações cruzadas de elevada densidade.  
(4,6,13,14)

Estes materiais foram introduzidos em meados dos anos 90 no mercado de biomateriais dentários com o propósito de combater as desvantagens conhecidas das resinas acrílicas tradicionais.<sup>(7)</sup> Desde então, têm vindo a ser aceites pelo mercado e tornando-se cada vez mais populares.<sup>(4)</sup>

Comercializadas sob a forma de tubos para colocação em pistolas de automistura, permitindo assim uma melhor mistura do material, com menor introdução de erros <sup>(10)</sup>, as resinas bis-acrílicas são também fáceis de aplicar e manusear, baixa contração de polimerização, reduzida exotermia da reação e propriedades mecânicas superiores (rigidez, módulo de elasticidade e resistência à flexão).<sup>(14)</sup>

Contudo, uma vez que apresentam um elevado número de ligações cruzadas, têm tendência para ser mais quebradiças que o polimetil metacrilato. Estudos indicam que a ligação entre dois incrementos de resina bis-acrílica com diferentes estádios de polimerização é fraca, sendo por isso um aspeto negativo no que toca a possíveis restaurações diretas da reabilitação em caso de fraturas ou falhas.<sup>(9)</sup> No entanto, uma das soluções encontradas é a utilização de compósitos do tipo flow para efeitos reparadores.<sup>(15,16)</sup> Para além disto, estes materiais são também considerados mais dispendiosos que o acrílico e com pior capacidade de polimento.<sup>(10)</sup>

Não existem estudos que indiquem quais as propriedades mecânicas a avaliar de forma a que o clínico possa concluir qual o melhor material provisório para utilizar no paciente.<sup>(1)</sup>

A resistência à flexão é uma propriedade mecânica que é usualmente utilizada para avaliar a resistência mecânica das resinas provisórias.<sup>(1,2,4,12,17)</sup> Outras propriedades, como, por exemplo cor, adaptação marginal, grau de conversão, contração de polimerização e tratamentos pós-polimerização, são comumente estudadas pela comunidade científica.<sup>(18-21)</sup>

A resistência à flexão é a propriedade que um material tem em resistir à fratura sob tensões de flexão. Por outras palavras, o valor de tensão que o material sofre no momento da sua fratura.<sup>(14)</sup> O teste de resistência à flexão em 3 pontos é uma combinação de forças compressivas e tensionais e inclui elementos dos limites de proporcionalidade e módulo de elasticidade.<sup>(22)</sup>

A resina bis acrílica é um material cujo uso tem vindo a aumentar por complementar algumas propriedades do acrílico tradicional. Uma vez que é um material mais recente, ainda são precisos mais estudos, referentes também a outras propriedades. A comparação entre diversas marcas comerciais, para a mesma resina, ou com outros materiais provisórios também é essencial.





## Objetivos

O presente trabalho teve como principal objetivo estudar, ao longo do tempo, a evolução da resistência à flexão de duas marcas comerciais de resina bis-acrílica, com o intuito de perceber aquando se dá o limite máximo de resistência.

Como tal, foram estabelecidas quatro hipóteses: duas relativamente ao material, duas relativas ao tempo. Com respeito ao material tem-se que:

Hipótese 0: Não há diferenças entre a resistência à flexão das duas resinas bis-acrílicas testadas;

Hipótese 1: Há diferenças na resistência à flexão das duas resinas bis-acrílicas.

Com respeito ao tempo:

Hipótese 0: O tempo pós-polimerização não influencia a resistência à flexão do bis-acrílico;

Hipótese 1: O tempo pós-polimerização influencia a resistência à flexão do bis-acrílico.



## Materiais e Métodos

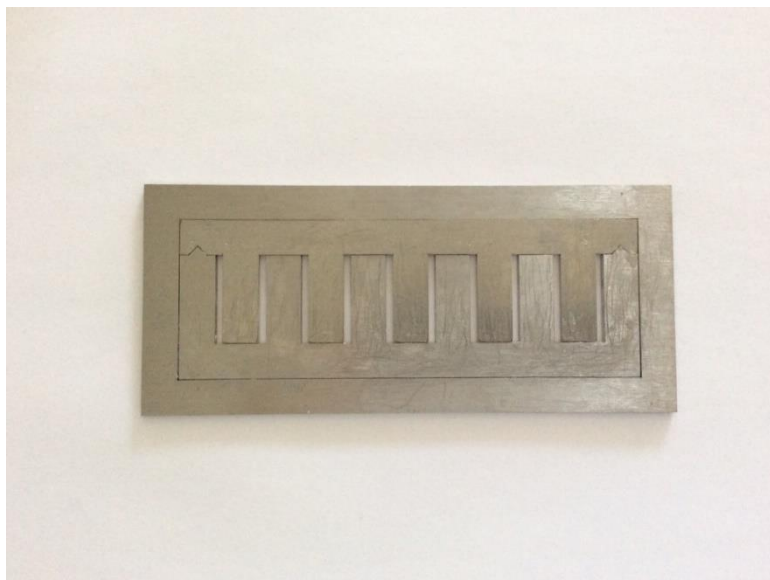
Duas marcas comerciais de resinas bis-acrílicas autopolimerizáveis foram avaliadas: Protemp™ 4 (3M ESPE, Deutschland GmbH, Neuss, Alemanha) e Structur® 3 (VOCO GmbH, Cuxhaven, Alemanha) (Tabela 1).

**Tabela 1-** Informação sobre as resinas bis-acrílicas utilizadas neste estudo.

Nome Comercial	Produtor/ Lote	Cor	Validade	Componentes*
Protemp™ 4	3M Deutschland GmbH, Neuss – Alemanha  3799129	A3	31-01-2020	<b>Catalisador:</b> (etanol, 2,2'-[(1-metiletileno) bis(4,1-etoxibenzeno)] bis-diacetato Ácido benzil-fenil-barbitúrico Sílica tratada com silano Ter-butilperoxi-3,5,5-trimetil hexanoato  <b>Base:</b> (Dimetacrilato (BISEMA6) Sílica amorfa tratada com silano Produtos de reação 1,6- di-isocianatotexano com 2- [(2-metacriloílo)etil]6-hidroxihexanoato e 2- hidroxietil metacrilato (DESMA) Sílica tratada com silano)
Structur® 3	VOCO GmbH, Cuxhaven – Alemanha  1803104	A3	01-2020	<b>Catalisador:</b> Uretano dimetacrilato Bis-GMA Peróxido de benzoílo  <b>Base:</b> Uretano dimetacrilato

\* De acordo com a informação fornecida pelos produtores

Os espécimes foram realizados utilizando um molde metálico (Figura 1), com 10 compartimentos, com as medidas 25x2x2mm (ISO 4049:2000).

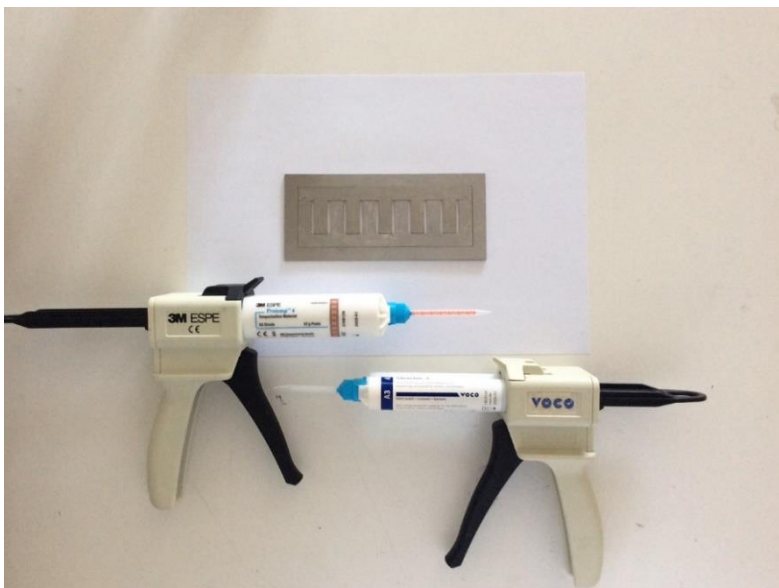


*Figura 1- Molde metálico de aço inoxidável para confecção dos espécimes com as dimensões de 25x2x2mm*

O molde foi previamente vaselinado e depois colocado sobre uma placa de vidro e folha de acetato. Após o preenchimento das 10 cavidades do molde com a resina bis-acrílica, uma nova folha de acetato e placa de vidro foram colocadas por cima do molde. Os excessos foram removidos com pressão digital e, logo de seguida, para pressionar o material, foi utilizado um peso de 5 Kg.

Uma vez que as resinas estão disponíveis em tubos de auto-mistura (Figura 2), foi descartada sempre a primeira amostra de material, em cada confecção, com o objetivo de introduzir o menor número de erros. Todas as amostras que não preenchiem os critérios, quer por inclusão de bolhas de ar, quer por fratura aquando da confecção, foram descartadas. Após o período de polimerização inicial indicado pelo respetivo fabricante (4 minutos para o Structur® 3 e 5 minutos para o Protemp™ 4), os espécimes foram retirados do molde cuidadosamente, e as suas arestas limpas com auxílio de uma espátula. Foram corretamente identificados e distribuídos por caixas de vidro, de acordo com o grupo experimental.

Para cada resina bis-acrílica, os 120 espécimes foram aleatoriamente distribuídos por 6 grupos experimentais, de acordo com o tempo pós-polimerização considerado. Cada resina bis acrílica foi testada 5, 30 minutos, 6, 24, 48 e 96 horas após fabrico. Desta foram fabricados um total de 240 espécimes ( $N=240$ ), divididos por 12 grupos experimentais de acordo com as diversas combinações possíveis entre resina bis-acrílica e tempo pós-polimerização ( $n=20$ ).



*Figura 2- Fotografia das marcas comerciais já com os tubos nas pistolas de auto-mistura. À esquerda, Protemp™ 4 (3M ESPE, Deutschland GmbH, Neuss, Alemanha) e à direita Structur® 3 (VOCO GmbH, Cuxhaven, Alemanha)*

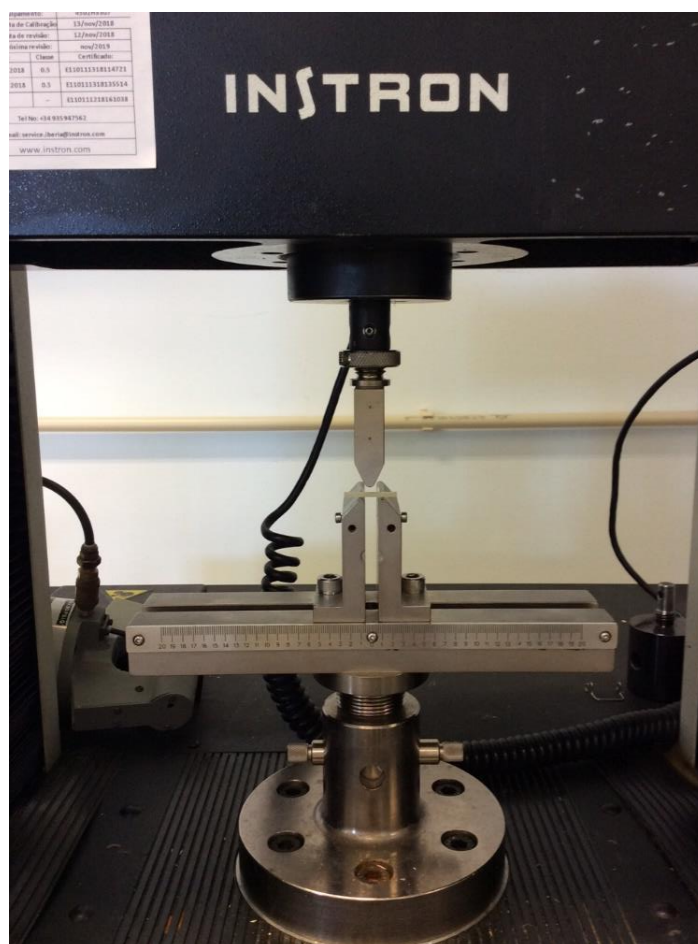
Os espécimes foram guardados em caixas de vidro, em ambiente seco, respetivamente marcadas de acordo com o grupo de teste (Figura 3). Não existe caixa de 5 minutos dado que os espécimes foram imediatamente analisados 5 minutos após a sua confeção. A caixa com letra P corresponde ao grupo das 96 horas. Até ao momento da sua análise, as caixas mantiveram-se em meio seco, sem qualquer contacto ou exposição a condições de pós tratamento, como por exemplo temperatura, humidade ou qualquer tipo de radiação.



*Figura 3- Caixas de vidro nas quais as amostras foram guardadas. 30' - 30 minutos; 6h - 6 horas; 24 - 24 horas; 48 - 48 horas; P - 96 horas*

A resistência à flexão foi medida utilizando uma máquina de testes mecânicos universal Instron, modelo 4502, nº de série: H3307 (*Instron Ltd., Bucks, HP12 3SY, Inglaterra*) (Figura 3), utilizando o sistema de 3 pontos com a barra central a movimentar-se a uma velocidade de 0.75 mm/min, calculada através da seguinte fórmula:

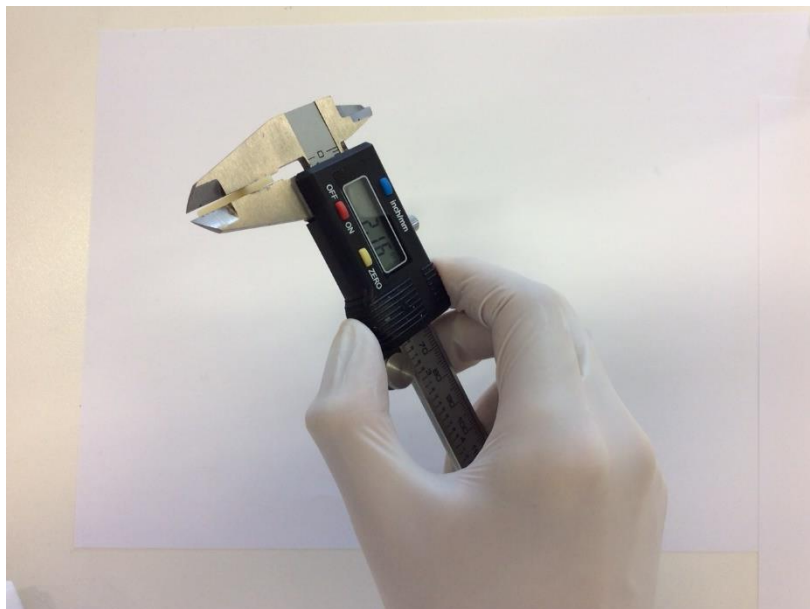
$$\alpha = \frac{3FL}{2bh^2}$$



*Figura 4- Espécime a ser testado. Método de 3 pontos, com os pilares fixos a distarem 20 mm entre eles.*

Na fórmula anterior, tem-se que  $\alpha$ , módulo da resistência à flexão, medido em mega Pascals (MPa),  $F$ , força medida no momento de fratura, medida em kilo Newtons,  $L$  é a distância entre os pilares de suporte,  $b$  é a espessura, ambas medidas em milímetros, e  $h$  é altura da barra, medida também em milímetros. Para os valores de  $b$  e  $h$  foi utilizada

uma craveira digital (Fischer Darex, Le Chambon Feugerolles, França) para calcular com precisão os respectivos valores, aproximando-os sempre às centésimas de milímetro.



*Figura 5- Craveira digital para calcular valores de h (altura) e b (largura) dos paralelepípedos (Fischer Darex, Le Chambon Feugerolles, França)*

Os dados foram analisados estatisticamente através do programa especializado IBM SPSS Statistics for Macintosh, Version 25.0 (IBM Corp., Armonk, NY, EUA). Dado que se observou não existir normalidade da distribuição da amostra, através do teste de Shapiro-Wilk ( $p < 0,001$ ), os dados da resistência mecânica foram analisados recorrendo a testes não paramétricos. Os dados foram submetidos a teste de Mann-Whitney para comparação entre materiais e a teste de Kruskal-Wallis, seguido de comparações múltiplas com o teste de Mann-Whitney com correções de Bonferroni, para determinar a influência do tempo pós-polimerização sobre a resistência à flexão. O nível de significância estatística foi fixado em  $\alpha = 0,05$ .



## Resultados

A estatística descritiva dos dados de resistência à flexão é apresentada na Tabela 2, para diferentes grupos experimentais de acordo com os respectivos materiais e tempos, sob a forma de média, mediana, desvio padrão e distância interquartil. Como é possível ver na tabela, a média mais alta registrada foi para o Protemp™ 4, às 48 horas, com o valor de 175,4 MPa, e a mais baixa foi registrada aos 5 minutos, com um valor de 29,4 MPa, também pelo Protemp™ 4.

**Tabela 2-** Análise estatística descritiva da resistência à flexão (MPa), apresentando-se, para cada grupo experimental, a média, o desvio padrão (DP), a mediana e o intervalo interquartil (IIQ).

		Resistência à flexão (MPa)	
Material	Tempo	Média (DP)	Mediana (IIR)
Protemp™ 4	5 min	29,4 (12,33)	24,95 (16,11)
	30 min	69,1 (13,25)	65,44 (20,60)
	6 h	127,6 (17,87)	120,46 (30,02)
	24 h	149,8 (21,49)	148,39 (29,57)
	48 h	175,4 (36,83)	178,98 (38,28)
	96 h	168,9 (45,86)	173,29 (55,94)
Structur® 3	5 min	45,3 (11,77)	45,05 (14,88)
	30 min	75,9 (13,02)	77,47 (13,22)
	6 h	117,2 (15,25)	112,43 (18,44)
	24 h	148,9 (20,34)	149,21 (30,66)
	48 h	164,3 (15,52)	166,69 (22,55)
	96 h	154,2 (31,16)	163,91 (53,82)

O teste não paramétrico de Mann-Whitney não permitiu identificar diferenças estatisticamente significativas ( $p=0,735$ ) entre a resistência à flexão obtida nas duas resinas bis-acrílicas (Figura 6). No entanto, o teste de Kruskal-Wallis identificou que a resistência à flexão das resinas bis-acrílicas é influenciada de forma estatisticamente significativa ( $p<0,001$ ) pelo tempo de envelhecimento pós-polimerização (figura 7).

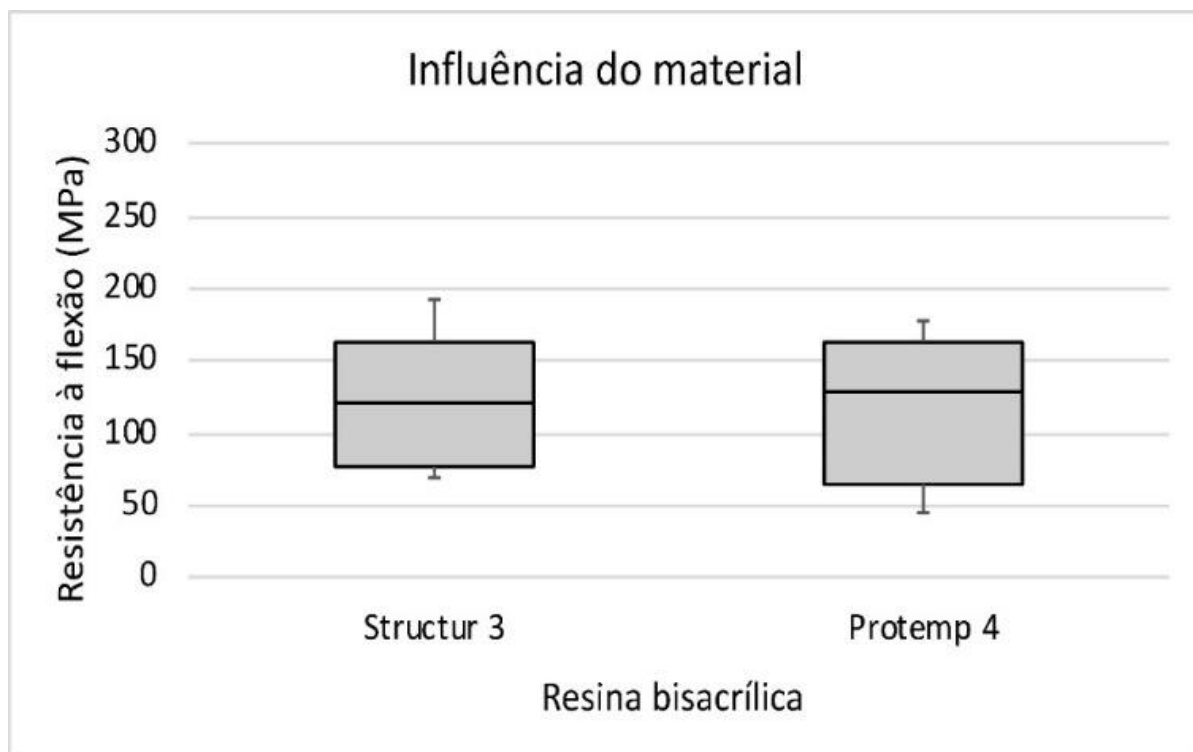


Figura 6- Influência do material na resistência à flexão ( $p=0,735$ ).

As comparações múltiplas realizadas de seguida com testes de Mann-Whitney com correção de Bonferroni (Tabela 3), não permitiram observar diferenças entre os tempos 5 e 30 minutos ( $p=0,221$ ). Dos 30 min para as 6h existiu um aumento significativo ( $p=0,004$ ) na resistência à flexão. Apesar dos valores obtidos ao fim de 6h terem sido estatisticamente semelhantes ( $p=0,089$ ) aos verificados ao fim de 24 horas, existiu um aumento estatisticamente significativo da resistência à flexão das 6 horas para as 48 ( $p<0,001$ ) e para as 96 ( $p=0,002$ ). Não se observaram diferenças estatisticamente significativas ( $p>0,05$ ) entre os grupos das 24, 48 e 96 horas.

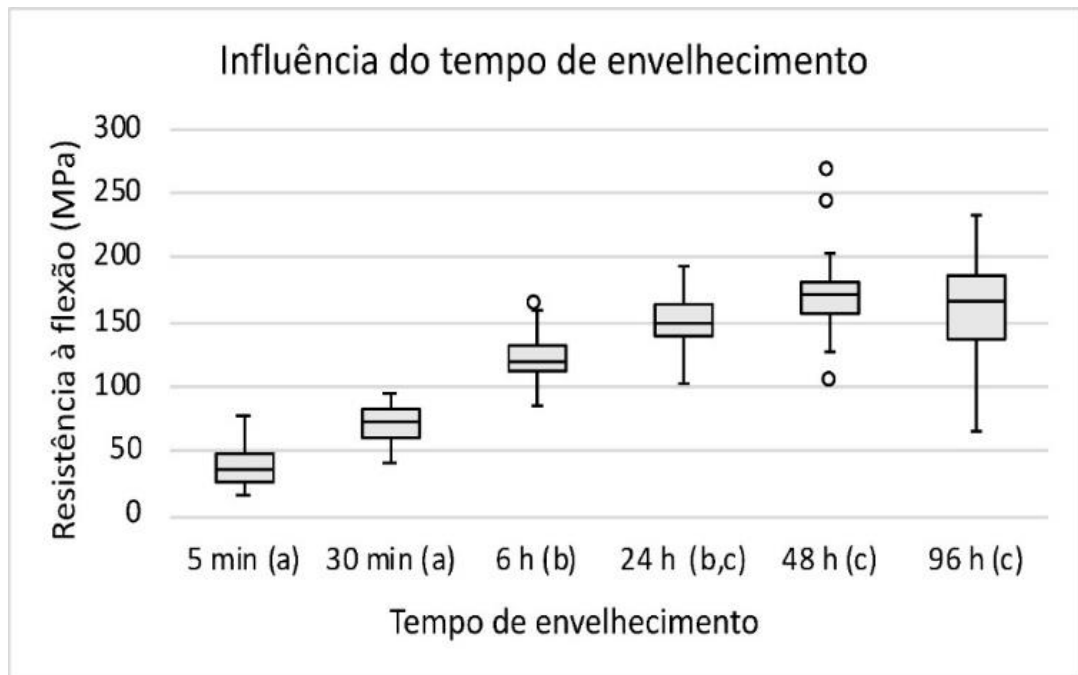


Figura 7 - Gráfico representativo da distribuição dos valores de resistência à flexão (MPa) pelos diferentes tempos pós-confeção. As letras representam os grupos do teste de Kruskal-Wallis. Letras iguais são identificativas de grupos estatisticamente semelhantes ( $p \geq 0,05$ )

**Tabela 3-** Análise estatística com os testes de Kruskal-Wallis com correção de Bonferroni

Comparação entre tempos	Estatística	DP	Significância-ajustada. (valor de p)
5 min – 30 min	-37,850	15,524	0,221
5 min – 6 h	-94,075	15,524	<0,001
5 min – 24 h	-136,775	15,524	<0,001
5 min – 96 h	-154,075	15,524	<0,001
5 min – 48 h	-165,975	15,524	<0,001
30 min – 6 h	-56,225	15,524	0,004
30 min – 24 h	-98,925	15,524	<0,001
30 min – 96 h	-116,225	15,524	<0,001
30 min – 48 h	-128,125	15,524	<0,001
6 h – 24 h	-42,700	15,524	0,089
6 h – 96 h	-60,000	15,524	0,002
6 h – 48 h	-71,900	15,524	<0,001
24 h – 96 h	-17,300	15,524	1,000
24 h – 48 h	-29,200	15,524	0,900
96 h – 48 h	11,900	15,524	1,000

*Comparações entre todos os intervalos de tempo pós-polimerização ( $\alpha=0,05$ ).*

## Discussão

O presente estudo teve como propósito estudar a influência do tempo pós-polimerização na resistência à flexão das resinas bis-acrílicas. As restaurações temporárias são inseridas e cimentadas quase imediatamente após a sua confecção e, por isso, são sujeitas a enormes cargas oclusais, ainda numa fase de conversão dos monómeros em que a resistência mecânica do material ainda está longe do seu pico máximo.<sup>(23)</sup> Assim, foi estudado quando é que estas resinas atingem o seu pico máximo de resistência à flexão, e quanto tempo deveria o clínico esperar antes de sujeitar as restaurações provisórias às cargas oclusais experimentadas dentro da cavidade oral.

A resistência à flexão é uma propriedade importante dos materiais que permite determinar a sua resistência mecânica. Constituída por uma combinação de tensões e compressões, a determinação da resistência à flexão consiste na colocação de uma barra entre dois suportes fixos e no deslocamento controlado de um terceiro suporte movediço sobre a mesma barra (teste de 3 pontos). Um teste de 4 pontos também pode ser usado. Apesar de ser uma propriedade muito testada, alguns autores preferem a tenacidade, pois dizem ser mais importante para determinar a força mecânica do biomaterial do que a resistência à flexão, e permitir, ainda, melhor previsão do seu desempenho a longo prazo.<sup>(23-25)</sup>

Na literatura, há muita informação acerca da comparação entre as resinas bis-acrílicas e o polimetil metacrilato.<sup>(1,2,10,26)</sup> O aparecimento destas resinas conferiu mais liberdade de escolha ao clínico, adicionando, no entanto, dúvidas mediante o seu comportamento *in vivo*.<sup>(22)</sup> O acrílico tradicional é o material mais usado para restaurações provisórias. O seu uso começou nos anos 50, e, desde então, tem sido o material de escolha. Com o aparecimento das resinas bis-acrílicas, surgiram dúvidas sobre qual seria o melhor material, recorrendo-se a inúmeros testes e testando-se várias propriedades, como por exemplo, cor, resistência à flexão, microdureza, adaptação marginal, entre outras.<sup>(27-29)</sup>

O presente estudo teve como objetivo estudar a evolução da resistência à flexão ao longo do tempo e perceber quando é que o material atinge a máxima resistência.

Uma vez que não foram encontradas diferenças entre os dois materiais testados, não é possível rejeitar a primeira hipótese em estudo. Note-se que os dois materiais usados neste estudo são resinas bis-acrílicas autopolimerizáveis, com composição semelhante. Em muitos estudos, as diferenças encontradas entre materiais de restauração provisórios

devem-se ao facto de compararem várias resinas diferentes, desde o polimetil-metacrilato ao polietil-metacrilato. Dado que são quimicamente diferentes, seria de esperar variações entre os materiais. Alguns estudos também apresentam como resinas principais resinas de dupla-polimerização.<sup>(3,4,11)</sup> Tal propriedade permite obter melhores resultados numa fase inicial, dado que, com o auxílio da fotopolimerização, é possível obter uma conversão maior e, assim, mais ligações cruzadas e, por sua vez, melhores valores de resistência à flexão. Outra vantagem da dupla polimerização é que permite ao material uma fase de borracha mais rígida, na qual vários ajustes poderão ser realizados, antes da fotopolimerização final.

O tempo pós-polimerização influenciou a resistência à flexão das resinas bis-acrílicas, pelo que a segunda hipótese em estudo foi rejeitada. De um modo geral, observa-se um aumento da resistência ao longo do tempo. Este crescimento é contínuo e tende a estabilizar às 24 horas. Estes resultados são, em parte, semelhantes a resultados obtidos num estudo anterior.<sup>(17)</sup> Nesse estudo, concluiu-se que a resistência à flexão aumentava continuamente, pelo menos até aos 8 dias de pós-confeção. No entanto, os materiais testados não foram os mesmos que foram testados no presente estudo.

Para além do facto de, na comunidade científica, se compararem constantemente as resinas bis-acrílicas com o acrílico convencional, o protocolo experimental também tem algumas variâncias, nomeadamente, na parte do armazenamento das amostras. Enquanto que, em vários estudos, há um armazenamento em ambiente artificial oral <sup>(26)</sup>, em água a 37 graus Celsius <sup>(1,10)</sup>, solução salina <sup>(30)</sup> ou após termociclagem <sup>(31,32)</sup>, neste estudo procurou-se guardar as amostras em meio seco, sem interferências exteriores, procurando avaliar as propriedades do material na sua forma mais natural possível. O armazenamento em meio seco aumenta os valores de resistência à flexão quando comparados com os espécimes armazenados em ambientes húmidos.<sup>(33)</sup> Por outro lado, o envelhecimento tem um efeito significativo na resistência à flexão, bem como a temperatura de armazenamento.<sup>(31)</sup> A termociclagem parece ter um efeito negativo na resistência à flexão.<sup>(31)</sup>

Embora com algumas nuances no protocolo acima referidas, Schwantz <sup>(7)</sup> comparou quatro resinas bis acrílicas em diversas propriedades. O Protemp™ 4 e o Structur® 3, embora estudados, não correspondem à mesma geração. Foram testados 1, 15 e 30 dias emersos em água 37 graus Celsius, concluindo que o Protemp™ tem melhor resistência à flexão comparativamente ao Structur®. Schwantz concluiu ainda que não há alterações

significativas na resistência em função do aumento do tempo pós-confeção. Este ponto vai de encontro ao apresentado nesta dissertação, pelo simples facto de os tempos considerados no seu estudo serem a longo prazo, enquanto que, no estudo que aqui se apresenta, tem-se tempos imediatos à confeção do material, e o último regista-se após 96 horas.

Em suma, quando comparados os valores de resistência aqui apresentados com outros da literatura <sup>(7,17)</sup>, pode-se constatar que os resultados aqui apresentados são mais elevados, nunca descartando o pressuposto de que os protocolos, procedimentos laboratoriais e objetivos do estudo são ligeiramente diferentes.

A resistência à flexão é apenas um de vários fatores a ter em consideração na escolha do material para realizar a reabilitação provisória. Devem estar bem consolidados os conhecimentos relativos às outras propriedades, relacionadas com as propriedades mecânicas, mas também com questões estéticas.





## Conclusão

Dados os objetivos apresentados no início da dissertação, pode-se concluir através dos dados adquiridos as seguintes afirmações:

- 1 – Não existem diferenças na resistência à flexão das duas resinas bis-acrílicas testadas;
- 2 – O tempo pós-polimerização influencia a resistência à flexão do bis-acrílico. A resistência à flexão aumenta dos 30 minutos às 24 horas, não sofrendo alteração a partir das 24 horas.



## Referências Bibliográficas

1. Ireland MF, Dixon DL, Breeding LC, Ramp MH. In vitro mechanical property comparison of four resins used for fabrication of provisional fixed restorations. *J Prosthet Dent.* 1998;80(2):158-62.
2. Haselton DR, Diaz-Arnold AM, Vargas MA. Flexural strength of provisional crown and fixed partial denture resins. *J Prosthet Dent.* 2002;87(2):225-8.
3. Knobloch LA, Kerby RE, Pulido T, Johnston WM. Relative fracture toughness of bis-acryl interim resin materials. *J Prosthet Dent.* 2011;106:118-25.
4. Kerby RE, Knobloch LA, Sharples S, Peregrina A. Mechanical properties of urethane and bis-acryl interim resin materials. *J Prosthet Dent.* 2013;110(1):21-8.
5. Tom TN, Uthappa MA, Sunny K, Begum F, Nautiyal M, Tamore S. Provisional restorations: An overview of materials used. *Journal of Advanced Clinical & Research Insights.* 2016;3:212-4.
6. Burns DR, Beck DA, Nelson SK. Committee on Research in Fixed Prosthodontics of the Academy of Fixed P. A review of selected dental literature on contemporary provisional fixed prosthodontic treatment: report of the Committee on Research in Fixed Prosthodontics of the Academy of Fixed Prosthodontics. *J Prosthet Dent.* 2003;90(5):474-97.
7. Schwantz JK, Oliveira-Ogliari A, Meereis CT, Leal FB, Ogliari FA, Moraes RR. Characterization of Bis-Acryl Composite Resins for Provisional Restorations. *Braz Dent J.* 2017;28(3):354-61.
8. Singh A, Garg S. Comparative Evaluation of Flexural Strength of Provisional Crown and Bridge Materials-An Invitro Study. *J Clin Diagn Res.* 2016;10(8):ZC72-7.
9. Shim JS, Lee JY, Choi YJ, Shin SW, Ryu JJ. Effect of light-curing, pressure, oxygen inhibition, and heat on shear bond strength between bis-acryl provisional restoration and bis-acryl repair materials. *J Adv Prosthodont.* 2015;7(1):47-50.
10. Sehaqi SB, Saleh AA, Tawi DA, Baaboud MS. Flexural Strength of Provisional Crown and Fixed Partial Denture Resins. *Egypt J Hosp Med.* 2017;68:1003-9.
11. Nejatidanesh F, Momeni G, Savabi O. Flexural strength of interim resin materials for fixed prosthodontics. *J Prosthodont.* 2009;18(6):507-11.
12. Young HM, Smith CT, Morton D. Comparative in vitro evaluation of two provisional restorative materials. *J Prosthet Dent.* 2001;85(2):129-32.

13. Henriques I, Seabra B, Oliveira S, Portugal J. Influência da técnica de acabamento e do tempo de exposição na estabilidade cromática do bis-acrílico. *Rev Port Estomatol Cir Maxilofac.* 2014;55(4):220-6.
14. Mei ML, So SYC, Li H, Chu CH. Effect of Heat Treatment on the Physical Properties of Provisional Crowns during Polymerization: An in Vitro Study. *Materials (Basel).* 2015;8(4):1766-77.
15. Bohnenkamp DM, Garcia LT. Repair of bis-acryl provisional restorations using flowable composite resin. *J Prosthet Dent.* 2004;92(5):500-2.
16. Hagge MS, Lindemuth JS, Jones AG. Shear bond strength of bis-acryl composite provisional material repaired with flowable composite. *J Esthet Restor Dent.* 2002;14(1):47-52.
17. Balkenhol M, Ferger P, Mautner MC, Wostmann B. Provisional crown and fixed partial denture materials: mechanical properties and degree of conversion. *Dent Mater.* 2007;23(12):1574-83.
18. Ferracane JL. Correlation between hardness and degree of conversion during the setting reaction of unfilled dental restorative resins. *Dent Mater.* 1985;1(1):11-4.
19. Costa J. Effect of ethanol solutions as post-polymerization treatment on the properties of acrylic reline resins. *Rev Port Estomatol Cir Maxilofac.* 2016;57:215-22.
20. Crispin BJ, Watson JF, Caputo AA. The marginal accuracy of treatment restorations: a comparative analysis. *J Prosthet Dent.* 1980;44(3):283-90.
21. Crispin BJ, Caputo AA. Color stability of temporary restorative materials. *J Prosthet Dent.* 1979;42(1):27-33.
22. Poonacha VP, Poonacha S, Salagundi B, Rupesh PL, Raghavan R. In vitro comparison of flexural strength and elastic modulus of three provisional crown materials used in fixed prosthodontics. *Journal section: Clinical and Experimental Dentistry.* 2013;5(5):212-7.
23. Balkenhol M, Kohler H, Orbach K, Wostmann B. Fracture toughness of cross-linked and non-cross-linked temporary crown and fixed partial denture materials. *Dent Mater.* 2009;25(7):917-28.
24. Goldman M. Fracture properties of composite and glass ionomer dental restorative materials. *J Biomed Mater Res.* 1985;19(7):771-83.
25. Gegauff AG, Wilkerson JJ. Fracture toughness testing of visible light- and chemical-initiated provisional restoration resins. *Int J Prosthodont.* 1995;8(1):62-8.

26. Lang R, Rosentritt M, Behr M, Handel G. Fracture resistance of PMMA and resin matrix composite-based interim FPD materials. *Int J Prosthodont*. 2003;16(4):381-4.
27. Elagra MI, Rayyan MR, Alhomaiddhi MM, Alanazy AA, Alnefaie MO. Color stability and marginal integrity of interim crowns: An in vitro study. *European J Gen Dent*. 2017;11(3):330-4.
28. Mickeviciute E, Ivanauskiene E, Noreikiene V. In vitro color and roughness stability of different temporary restorative materials. *Stomatologija*. 2016;18(2):66-72.
29. Esqueda A. Comparative Study In Vitro of Acrylic Resins in Fixed Provisional Prostheses. *Research & Reviews: Journal of Dental Sciences*. 2017;5(4):37-41.
30. Osman YI, Owen CP. Flexural strength of provisional restorative materials. *J Prosthet Dent*. 1993;70(1):94-6.
31. Thompson GA, Luo Q. Contribution of postpolymerization conditioning and storage environments to the mechanical properties of three interim restorative materials. *J Prosthet Dent*. 2014;112(3):638-48.
32. Karaokutan I, Sayin G, Kara O. In vitro study of fracture strength of provisional crown materials. *J Adv Prosthodont*. 2015;7(1):27-31.
33. Koumjian JH, Nimmo A. Evaluation of fracture resistance of resins used for provisional restorations. *J Prosthet Dent*. 1990;64(6):654-7.

## Apêndice

## Dados do grupo Structur® 3 5 minutos após confecção

Structur® 3 (5 min)	Carga (N)	Resistência à Flexão (MPa)
1	9,2	32,29
2	16,4	50,19
3	16	50,97
4	9,9	33,63
5	11,9	38,51
6	17	53,35
7	12,8	40,67
8	10	31,89
9	19,3	62,49
10	12,1	38,3
11	14,1	44,36
12	25,2	37,47
13	12	30,27
14	30,3	57,56
15	21,9	50,1
16	17,3	49,45
17	17,2	47,67
18	18,8	45,72
19	11,5	34,51
20	26,9	77,85

## Dados do grupo Structur® 3 30 minutos após confecção

Structur® 3 (30 min)	Carga (N)	Resistência à Flexão (MPa)
1	25,4	83,02
2	20,6	70,17
3	28,3	88,82
4	25,2	81,28
5	22,6	69,58
6	30,6	94,6
7	24,1	79,41
8	23,4	77,19
9	24,2	71,54
10	26	77,56
11	21,6	61,44
12	50,1	92,89
13	26,7	71,43
14	33,5	74,3
15	34,3	82,43
16	22,7	62,11
17	20,3	55,6
18	33,3	82,16
19	17,4	46
20	38,3	96,08



## Dados do grupo Structur® 3 6 horas após confecção

Structur® 3 (6 h)	Carga (N)	Resistência à Flexão (MPa)
1	35,4	125,1
2	38,7	118,7
3	45,3	143,6
4	37,1	111,4
5	33,3	109,6
6	35,9	110,9
7	37,6	121,8
8	30,6	100
9	38,7	117
10	35,4	109,3
11	30,8	84,05
12	49,8	111,7
13	43,8	110,5
14	44,3	131,7
15	39,8	128,8
16	44,6	152,4
17	40,5	113,3
18	43,9	109,8
19	37,5	104,7
20	44,3	130,2

## Dados do grupo Structur® 3 24 horas após confecção

Structur® 3 (24 h)	Carga (N)	Resistência à Flexão (MPa)
1	46,2	147,6
2	44,9	142,2
3	47,4	150,7
4	48,2	142,2
5	54,2	176,6
6	56,1	165,7
7	50,5	164,7
8	59,2	186,8
9	51,2	157,7
10	49,6	157,2
11	42,5	127,6
12	82,1	166,3
13	51,9	143,7
14	57,8	114,4
15	58,8	159,8
16	53,1	164,8
17	43,1	114,7
18	52,2	138,8
19	46,2	117,9
20	61,8	163

## Dados do grupo Structur® 3 48 horas após confecção

Structur® (48 h)	Carga (N)	Resistência à Flexão (MPa)
1	59,5	176,4
2	55,4	173,4
3	52,1	156,7
4	54,4	165,8
5	54,8	182,6
6	53,7	176,8
7	52,3	163,4
8	49,2	161,7
9	53,1	178,7
10	55,1	173,7
11	51,8	139,8
12	58	168
13	56,7	143,7
14	78,9	160,9
15	66,9	128,6
16	61,6	167,4
17	54,6	153
18	73,4	188,6
19	57,5	177,8
20	51,6	148

## Dados do grupo Structur® 3 96 horas após confecção

Structur® (96 h)	Carga (N)	Resistência à Flexão (MPa)
1	57,4	180,6
2	56,4	104,3
3	61	172,7
4	63,8	197,3
5	65,5	118,1
6	58,8	194,3
7	58	164,5
8	62,9	181,5
9	47,9	131,5
10	75	195,2
11	41,3	124,6
12	37,4	113
13	52,2	144,3
14	57,5	165,2
15	57,2	163,5
16	35,3	101,3
17	53,2	163
18	56,2	174,1
19	62,2	169,1
20	45	126,8

## Dados do grupo Protemp™ 4 5 minutos após confecção

Protemp™ 4 (5 min)	Carga (N)	Resistência à Flexão (MPa)
1	10,6	37,48
2	10,5	33,16
3	13,6	42,11
4	6,9	23,6
5	5,1	17,33
6	5,6	17,75
7	8,1	24,32
8	5,3	16,15
9	5,6	18,2
10	8,1	23,16
11	6,4	20,87
12	10,8	30,61
13	7,4	21,31
14	10,4	33,24
15	6,4	17,55
16	6,1	25,45
17	12,4	48,54
18	8,8	32,96
19	22,3	61,63
20	11,9	45,1

## Dados do grupo Protemp™ 4 30 minutos após confecção

Protemp™ 4 (30 min)	Carga (N)	Resistência à Flexão (MPa)
1	12,6	41,86
2	22,9	71,11
3	27,8	83,54
4	23,2	65,8
5	19,4	56,09
6	19,9	61,19
7	19,6	56,73
8	19,3	61,4
9	20,6	65,16
10	20,8	59,92
11	27,2	76,24
12	50,1	92,89
13	32,2	91,24
14	19,2	63,74
15	31	88,99
16	25,3	70,97
17	18,8	58,89
18	17,4	59,9
19	30	90,24
20	32	81,4

## Dados do grupo Protemp™ 4 6 horas após confecção

Protemp™ 4 (6 h)	Carga (N)	Resistência à Flexão (MPa)
1	42,6	127,7
2	44,7	139,3
3	35	100,5
4	36,2	117,9
5	39,8	112,7
6	32,3	113,7
7	37,1	121,5
8	35,2	103,8
9	41,5	118,8
10	40,7	119,6
11	38,9	145,4
12	38,5	135,4
13	35,6	113,5
14	40,4	131,3
15	36,9	114,2
16	40,6	145,7
17	42,7	151
18	34,3	119,4
19	52,6	158,4
20	54,1	163,7

## Dados do grupo Protemp™ 4 24 horas após confecção

Protemp™ 4 (24 h)	Carga (N)	Resistência à Flexão (MPa)
1	52,9	165,2
2	63,8	193
3	43	124
4	50	157,7
5	51,5	150,6
6	44	139,6
7	32,8	102,7
8	50,6	149,2
9	43,5	130,2
10	55,7	170,5
11	39,8	144,5
12	59,2	179,7
13	45,9	160,7
14	44,8	147,3
15	34,2	120,8
16	58,7	166,9
17	44	136,1
18	48,6	169,3
19	39,6	147,2
20	48,5	140,7



## Dados do grupo Protemp™ 4 48 horas após confecção

Protemp™ 4 (48 h)	Carga (N)	Resistência à Flexão (MPa)
1	43,2	126,6
2	65,3	185,6
3	48,2	141,9
4	63	179,5
5	42,3	104,8
6	65,3	190,9
7	52,2	151,1
8	67,9	203,4
9	51,1	156,5
10	64,4	195,5
11	49,3	190,2
12	54,4	181,6
13	59,8	181,7
14	58,8	161,8
15	58,6	138,6
16	58,5	178,3
17	60,5	174,5
18	57,9	241,7
19	85,2	265,9
20	71,2	158,2

## Dados do grupo Protemp™ 4 96 horas após confecção

Protemp™ 4 (96 h)	Carga (N)	Resistência à Flexão (MPa)
1	67,6	217
2	58	203,6
3	63,9	138,7
4	53,9	141,6
5	62,9	160,9
6	60,3	160,9
7	22,1	61,63
8	60,8	169,9
9	76,2	228,1
10	78,2	198
11	64,1	233,5
12	47,8	163,3
13	36,6	127,8
14	20,7	65,9
15	58,4	173,1
16	60,3	196,2
17	49	183,9
18	51,3	173,6
19	48,5	176
20	58,6	203,9